

Metallic composite material and a method for its production

Patent number: DE4426627
Publication date: 1995-02-02
Inventor: BAUMEISTER JOACHIM DIPL PHYS (DE); BANHART
JOHN DR RER NAT (DE); WEBER MARKUS DIPL ING
(DE)
Applicant: FRAUNHOFER GES FORSCHUNG (DE)
Classification:
- **international:** B22F7/04; B22F3/10; B22F3/18; C22C1/08
- **european:** B22F3/11D2; B22F7/00B2F
Application number: DE19944426627 19940727
Priority number(s): DE19944426627 19940727; DE19934325539 19930729

Report a data error here

Abstract of **DE4426627**
Published without abstract.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 44 26 627 A 1

⑤1 Int. Cl.⁶:
B 22 F 7/04
B 22 F 3/10
B 22 F 3/18
C 22 C 1/08

②1 Aktenzeichen: P 44 26 627.8
②2 Anmeldetag: 27. 7. 94
④3 Offenlegungstag: 2. 2. 95

DE 44 26 627 A 1

③0 Innere Priorität: ③2 ③3 ③1
29.07.93 DE 43 25 539.6

⑦1 Anmelder:
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE

⑦2 Erfinder:
Baumeister, Joachim, Dipl.-Phys., 28777 Bremen,
DE; Banhart, John, Dr.rer.nat., 28201 Bremen, DE;
Weber, Markus, Dipl.-Ing., 28717 Bremen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Metallischer Verbundwerkstoff und Verfahren zu seiner Herstellung

DE 44 26 627 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 11. 94 408 065/574

7/30

Die Erfindung betrifft einen metallischen Verbundwerkstoff und ein Verfahren zu seiner Herstellung.

Metallische Verbundwerkstoffe, insbesondere Verbundwerkstoffe die aus einem porösen Metallkern und Deckschichten aus massivem Metall bestehen, sind für viele technische Anwendungen von großer Bedeutung, da sie bei einem geringen Gewicht verbesserte Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften aufweisen. Auch gegenüber Werkstoffen aus porösem Metallwerkstoff haben sie den großen Vorteil, daß die Krafteinleitung in einen mit Deckschichten versehenen Körper einfach vorgenommen werden kann: bei der Krafteinleitung in einen Schaumkörper besteht oft bei punktueller Einwirkung der Kraft die Gefahr des Auftretens lokaler, irreversibler Deformationen des Schaumkörpers. Außerdem bieten Werkstoffe, welche eine glatte metallische Oberfläche aufweisen bessere Möglichkeiten der Oberflächenbeschichtung bzw. Oberflächenbearbeitung (z. B. Lackieren). Außerdem sind solche Oberflächen gas- und flüssigkeitsdicht. Derartige Verbundwerkstoffe wurden bisher mittels einer Klebeverbindung zwischen den Deckschichten und dem porösen Kern hergestellt. Beid- oder einseitig mit Aluminium oder Stahlblechen beklebte Aluminiumschaumplatten sind bekannt. Nachteilig bei diesen Verbindungen ist jedoch ihre geringe Temperaturbeständigkeit. Dadurch kommt ein Hauptvorteil der Verwendung von Metallschäumen, nämlich ihre höhere Temperaturbeständigkeit gegenüber Schäumen aus organischen Polymeren nicht zum Tragen, da die Grenzen der Temperaturbelastbarkeit durch die eingesetzten Kleber gesetzt sind.

Daher liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen metallischen Verbundwerkstoff mit einem porösen Kern und mit massiven Deckschichten anzugeben, welcher mit hohen Temperaturen belastbar ist.

Diese Erfindung ist durch den in den Ansprüchen 1 und 2 angegebenen Werkstoff gelöst. Die Ansprüche 5 bis 9 geben das Verfahren zur Herstellung eines derartigen Werkstoffes an.

Dadurch, daß zwischen den miteinander verbundenen Schichten des Verbundwerkstoffes und dem porösen Kern metallische Bindung besteht, entspricht die Temperaturbelastbarkeit des Verbundwerkstoffes der Temperaturbelastbarkeit der verwendeten Metalle.

Der erfindungsgemäße metallische Werkstoff kann in einem Verfahren hergestellt werden, das dem Walzplattierverfahren oder anderen Plattierverfahren entspricht. Ferner kann der erfindungsgemäße Werkstoff in einem Koextrusionsverfahren oder im Rahmen von Diffusionsverschweißen oder Diffusionslöten hergestellt werden.

Das mit einem oder zwei Deckschichten aus z. B. Aluminium oder Stahl verbundene Material kann insbesondere der nach DE 40 18 360 und DE 41 01 630 hergestellte Aluminium-Werkstoff sein, und zwar vor oder nach dem Aufschäumen.

Die Herstellung des erfindungsgemäßen metallischen Verbundwerkstoffes aus Metallschaum und massiven Metalldeckschichten durch Walzplattieren besteht aus folgenden Verfahrensschritten:

1. Mischen von einem oder mehreren Metallpulvern mit einem oder mehreren Treibmitteln und gegebenenfalls einem oder mehreren strukturoder eigenschaftsverändernden Stoffen wie Keramikpartikeln oder Metallfasern. Verdichten der

Pulvermischung durch axiales Heißpressen, heißsostatisches Pressen, Strangpressen, Walzen oder durch andere Verfahren zu aufschäumbarem Halbzeug, wie in den Patenten DE 40 18 360 und DE 41 01 630 beschrieben.

2. Zuschnitt des Halbzeugs auf die gewünschten Abmessungen.

3. Auswahl und Zuschnitt der Metallteile, die mit dem Halbzeug metallisch verbunden werden sollen.

4. Oberflächenbehandlung der unter Punkt 3 und 4 vorbereiteten Halbzeug- und Metallteilzuschnitte. Es kommen mechanische und chemische Behandlungsmethoden in Betracht. Unter den in Frage kommenden mechanischen Methoden sind Schleifen, Schmirlagen und Sandstrahlen, unter den chemischen Methoden sind Behandlung mit Laugen, Säuren, Elektrolyten, organischen Lösungsmitteln etc.

5. Stapeln des zugeschnittenen Halbzeugteils und der damit zu verbindenden Metallteile zu einem Paket.

6. Kalt- oder Warmwalzen des Pakets mit adäquatem Umformgrad.

7. Endformung des entstandenen Verbundes durch Pressen, Biegen, Tiefziehen etc.

8. Aufschäumen des Verbundes aus aufschäumbarem Halbzeug und konventionellem massiven Material durch Erwärmung auf eine Temperatur, die hoch genug ist, um bei dem aufschäumbaren Material eine Vergrößerung des Volumens und damit eine Porenentstehung hervorzurufen, die aber nicht zu einem Schmelzen der konventionellen Metallteile führt.

Das so beschriebene Verfahren kann auch kontinuierlich oder halbkontinuierlich durchgeführt werden. Insbesondere können Bleche, die z. B. von Coils abgewickelt werden, kontinuierlich mit der Kernlage versehen werden. Auch der erforderliche Schäumvorgang kann kontinuierlich, z. B. in einem Durchlaufofen erfolgen.

In Fig. 1 ist schematisch das Herstellungsverfahren dargestellt, in Fig. 2 ist der in diesem Verfahren hergestellte Verbundwerkstoff dargestellt. Ein aus einem aufschäumbaren Halbzeug 1 und zwei Deckschichten 2 aus metallischem Werkstoff bestehende Block wird zwischen zwei Walzen 3 mit dem gewünschten Umformgrad zu einem Verbund 4 mit der gewünschten Dicke gewalzt. Die innere Struktur des Verbundes bzw. des so entstandenen Verbundwerkstoffes ist in Fig. 2 dargestellt. Zwischen den beiden Deckschichten 2 befindet sich das aufschäumbare Halbzeug 1, wobei alle drei Schichten miteinander verbunden sind. Nach einem anschließenden Aufschäumen des porösen Kernes 1 durch Erwärmung auf eine Temperatur, bei der eine Vergrößerung des Volumens und damit eine Porenentstehung hervorgerufen wird, entsteht ein poröser metallischer Kern 5, der durch die Deckschichten 2 umgeben ist. Die Aufschäumtemperatur ist so gewählt, daß sie vorteilhaft unterhalb der Schmelztemperatur des metallischen Werkstoffes der Deckschichten liegt.

In den Fig. 3 und 4 ist das Koextrusionsverfahren zur Herstellung des erfindungsgemäßen Verbundwerkstoffes schematisch dargestellt. Danach können z. B. auch Hohlprofile aus metallischem Vollmaterial 6 auf der Innen- oder Außenseite mit einem aufschäumbaren Material 7 beschichtet werden. Beim nachfolgenden Aufschäumvorgang expandiert der Metallschaum zu einer Schicht 8. Dabei kann das Hohlprofil voll oder mit einer mittig angeordneten Öffnung 9 durch den Metallschaum

8 ausgefüllt sein. Es kann vorteilhaft sein, das Hohlprofil nicht voll mit Metallschaum zu füllen, da das Material in der Nähe der neutralen Faser (Öffnung 9) zwar zum Gewicht des Produkts, jedoch nur unwesentlich zu seiner Steifigkeit beiträgt. Es ist auch eine Beschichtung des Hohlprofils an seiner Außenseite möglich. Ebenfalls können Mehrkammer-Hohlprofile eingesetzt werden, die beim Extrudieren an ausgewählten Stellen mit aufschäumbarem Halbzeug beschichtet werden.

Die Festigkeitseigenschaften der erfindungsgemäßen Metallverbunde sind in Fig. 5 dargestellt. Wie dieser Figur entnehmbar ist, weist die Spannungs-Stauchungskurve (Kurve 2) einen langen Bereich nahezu konstanter Spannung auf. Demgegenüber ist die Spannung bei dem nichtausgeschäumten Profil (Kurve 1) und beim Profil (Kurve 3), bei dem der Metallschaum entfernt wurde, in keinem Bereich konstant. Das Spannungsniveau im Plateaubereich liegt bei Aluminiumschaum gefüllten Profil (Kurve 2) mit etwa 80 MPa wesentlich höher als bei einer nichtausgeschäumten Probe (Kurve 1) bzw. der Probe (Kurve 3), bei der die Aluminiumschaumfüllung entfernt wurde. Das Verhalten des aluminiumschaumgefüllten Profils (Kurve 2) ist nicht eine einfache Summe von Eigenschaften eines leeren Profils und eines Stückes Aluminiumschaum. Die Druckfestigkeit eines Aluminiumschaumes der Dichte $0,5 \text{ g/cm}^3$ beträgt etwa 6 MPa, weit weniger als der Spannungsunterschied zwischen dem aluminiumschaumgefüllten Rohr 2 und dem Profil (Kurve 3), bei dem der Aluminiumschaum entfernt wurde. Ergänzend wird die Erfindung anhand der nachstehend wiedergegebenen Beispiele näher erläutert:

Beispiel 1

Aluminiumpulver wird mit 12 Gewichtsprozent Siliziumpulver und 0,5 Gewichtsprozent Titanhydridpulver vermischt. Fünf Kilogramm dieser Mischung werden in einem Ofen auf 400°C erwärmt und in den auf 450°C vorgewärmten Rezipienten einer Strangpresse gefüllt. Das Material wird zu einem Strang von $5 \times 100 \text{ mm}$ Querschnitt und ca. 3 Meter Länge verpreßt. Ein Stück der Länge 300 mm wird abgetrennt. Zwei Al 99,5-Bleche der Dimensionen $300 \times 100 \times 2,5 \text{ mm}$ werden zugeschnitten. Die beiden Oberflächen des stranggepreßten Aluminium-Silizium-Halbzeugs und jeweils eine Oberfläche der Aluminiumbleche werden mit einem Schleifpapier der Körnung 240 angeschmirgelt und anschließend mit einem organischen Lösungsmittel entfettet und entstaubt. Das AlSi12-Halbzeug wird zwischen die Aluminiumbleche gelegt, wobei die, wie oben beschrieben, behandelten Oberflächen einander zugewandt sind. Die so gestapelten Bleche werden in einen auf 500°C vorgewärmten Kammerofen gelegt und angewärmt. Anschließend wird das Paket dem Ofen entnommen und in einem Walzschrift von 10 mm Ausgangsdicke auf eine Dicke von 6,5 mm gewalzt. Die Walzgeschwindigkeit beträgt dabei etwa $0,2 \text{ m/s}$. Es ist darauf zu achten, daß zwischen der Entnahme des Pakets aus dem Ofen und dem Walzen möglichst wenig Zeit vergeht, damit nur wenig Abkühlung der Bleche stattfinden kann. Nach dem Walzen liegt ein metallisch gebundener Verbund aus Aluminium-Silizium-Halbzeug und Aluminiumblech vor. Der Verbund wird in einen vorgeheizten Ofen auf eine ebene, ebenfalls vorgeheizte Unterlage vorzugsweise aus einem feuerfesten Keramikmaterial gelegt. Nach ca. 6 Minuten beginnt der aus aufschäumbarem AlSi12 (Schmelzpunkt 577°C) bestehende Kern des

Verbundes zu expandieren und entwickelt durch Zersetzung des einkompaktierten Treibmittels eine hochporöse Struktur. Die aus reinem Aluminium bestehende Deckschichten (Schmelzpunkt 660°C) schmelzen nicht solange der Expansionsprozeß des Aluminium-Silizium-Kernes anhält. Nachdem der gesamte Verbund auf etwa seine fünffache Dicke expandiert ist, wird er dem Ofen entnommen und an Luft auf Raumtemperatur abgekühlt. Die entstehende Verbundstruktur Aluminiumblech/Aluminium-Silizium-Schaum/Aluminiumblech hat eine integrale Dichte von $0,85 \text{ g/cm}^3$.

Beispiel 2

Aluminiumpulver wird mit 4 Gewichtsprozent Kupferpulver und 0,6 Gewichtsprozent Titanhydridpulver vermischt. 500 Gramm dieser Mischung werden bei 450°C zu einer Scheibe von 150 mm Durchmesser und 10 mm Dicke verpreßt. Die Scheibe wird zu einem Blech von 2 mm Dicke ausgewalzt aus dem eine Platine der Abmessungen $150 \times 150 \text{ mm}$ zugeschnitten wird. Zwei Bleche aus St37-Stahl von 1 mm Dicke werden auf die gleichen Abmessungen zugeschnitten. Die beiden Oberflächen des aufschäumbaren Halbzeugs und je eine Oberfläche der Stahlbleche werden mit einem Schleifpapier der Körnung 240 geschmirgelt und anschließend mit einem organischen Lösungsmittel gereinigt. Das aufschäumbare Aluminium wird zwischen die Stahlbleche gelegt, wobei die behandelten Oberflächen einander zugewandt sind. Die so gestapelten Bleche werden in einem Kammerofen auf 450°C erwärmt und anschließend warm gewalzt. Dabei reduziert sich die Dicke des Pakets von 5 auf 3 mm. Die Bleche sind nach dem Walzen durch metallische Bindung fest miteinander verbunden. Zum Aufschäumen wird der Verbund in einen auf 850°C vorgewärmten Kammerofen gelegt. Nach ca. 4 Minuten wird der aus Aluminium bestehende Kern des Verbundes weich und entwickelt durch die Zersetzung des Treibmittels seine schaumige Konsistenz. Nach Expansion des gesamten Verbundes auf ca. 10 mm Dicke wird die Probe dem Ofen entnommen und am Luftstrom abgekühlt, wobei der Metallschaum erstarrt und fest wird. Die entstandene Verbundstruktur St37/Alu4-Schaum/St37 hat eine integrale Dichte von $2,1 \text{ g/cm}^3$.

Beispiel 3

Aluminiumpulver wird mit 6 Gewichtsprozent Siliziumpulver und 0,6 Gewichtsprozent Titanhydridpulver vermischt. 3 Kilogramm dieser Mischung werden mittels einer Strangpresse zu einem Rundprofil 10 (Fig. 4) von 60 mm Außendurchmesser und 10 mm Wandstärke verpreßt. Über dieses Profil 10 (Fig. 4) wird ein weiteres, handelsübliches Rundprofil 11 (Fig. 4) aus einer Aluminium-Magnesium-Silizium-Legierung mit einem Innendurchmesser von 60 mm und einer Wandstärke von 5 mm geschoben. Das aus zwei ineinander geschobenen Rundprofilen bestehende Teil wird in einer hydrostatischen Strangpresse über einen Dorn zu einem Rundprofil 12 (Fig. 4) des Außendurchmessers 30 mm und einer Wandstärke von 7,5 mm ausgepreßt. Man erhält einen festen, metallischen Verbund aus einem konventionellen Rundprofil und einer innenwandigen Beschichtung aus aufschäumbarem Material. Aufgrund der Tatsache, daß sich eine metallische Bindung zwischen Schaumkern und Profil einstellt, ergeben sich für den Verbund Eigenschaften, wie sie für den Fachmann nicht

zu erwarten sind.

In Fig. 5 ist das Verhalten von Hohlprofilen der Länge 50 mm und eines Durchmessers von 30 mm und einer Wandstärke von 1,5 mm bei Druckbelastung in axialer Richtung in Form eines Spannungs-Stauchungs-Diagramms zu sehen. Kurve 1 entspricht dem Verhalten eines mit aufschäumbarem Material gefüllten Aluminiumprofils vor dem Aufschäumen, d. h. ohne Füllung mit Aluminiumschaum. Kurve 2 zeigt das Verhalten eines Profils, wie es der Kurve 1 zugrunde lag, jedoch nach dem Aufschäumen, d. h. mit einer Füllung aus Aluminiumschaum. Die Dichte des Aluminiumschaumes beträgt hierbei 0,5 g/cm³. Für Kurve 3 wurde zu Kontrollzwecken der Aluminiumschaumkern aus einem schaumgefüllten Profil, wie es der Kurve 2 zugrunde lag, durch Ausbohren entfernt, so daß hier nur das Verhalten des konventionellen Rohrmaterials als Vergleich herangezogen wurde.

Patentansprüche

1. Metallischer Verbundwerkstoff mit einem Kern aus einem oder mehreren porösen Metallwerkstoffen (5, 8) und mindestens einer Deckschicht (2, 6) aus massivem Material, wobei zwischen dem Kern und der Deckschicht/Deckschichten (2, 6) metallische Bindung besteht.
2. Metallischer Verbundwerkstoff mit einem Kern aus einem oder mehreren aufschäumbaren Metallwerkstoffen (1, 7) und mindestens einer Deckschicht (2, 6) aus massivem Material, wobei zwischen dem Kern (1, 7) und der Deckschicht/Deckschichten (2, 6) metallische Bindung besteht.
3. Metallischer Verbundwerkstoff nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Kern aus aufgeschäumtem Metallwerkstoff (5, 8) besteht.
4. Metallischer Verbundwerkstoff nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Kern aus einem aufgeschäumten und einem aufschäumbaren metallischen Werkstoff besteht.
5. Verfahren zur Herstellung des metallischen Verbundwerkstoffes nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Verbundwerkstoff durch Koextrusion hergestellt wird.
6. Verfahren zur Herstellung des Verbundwerkstoffes nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Werkstoff mittels Diffusionsgeschweißen hergestellt wird.
7. Verfahren zur Herstellung des Verbundwerkstoffes nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Werkstoff mittels Walzplattieren hergestellt wird.
8. Verfahren zur Herstellung des Verbundwerkstoffes nach einem der Ansprüche 1 oder 3 mit folgenden Schritten:
 - Herstellung eines aufschäumbaren Halbzeuges, insbesondere nach DE 40 10 360 und oder DE 41 01 630,
 - Oberflächenbehandlung des hergestellten aufschäumbaren Halbzeuges und der Metallteilzuschnitte, welche als Deckschichten dienen sollen,
 - Stapeln des zugeschnittenen Halbzeuges und der damit zu verbindenden Metallteile zu einem Paket,
 - Kalt- oder warmwalzen des Paketes mit gewünschtem Umformgrad,
 - Endformung des entstandenen Verbundes

durch Pressen, Biegen, Tiefziehen usw.,
 — Aufschäumen des Verbundes aus aufschäumbarem Halbzeug und massiven Deckschichten durch Erwärmung auf eine Temperatur die hoch genug ist, um bei dem aufschäumbaren Material eine Vergrößerung des Volumens und damit eine Porenentstehung hervorzurufen, die aber nicht zu einem Schmelzen der konventionellen Metallteile führt.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß es kontinuierlich oder halbkontinuierlich durchgeführt wird.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

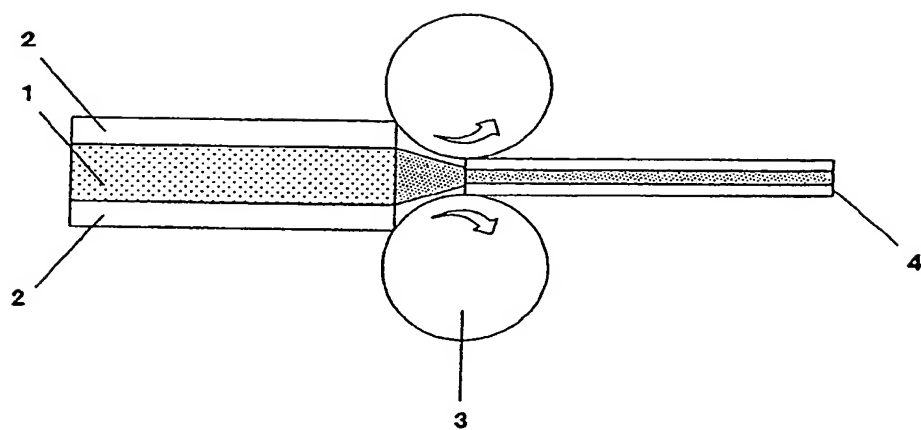


Fig. 1

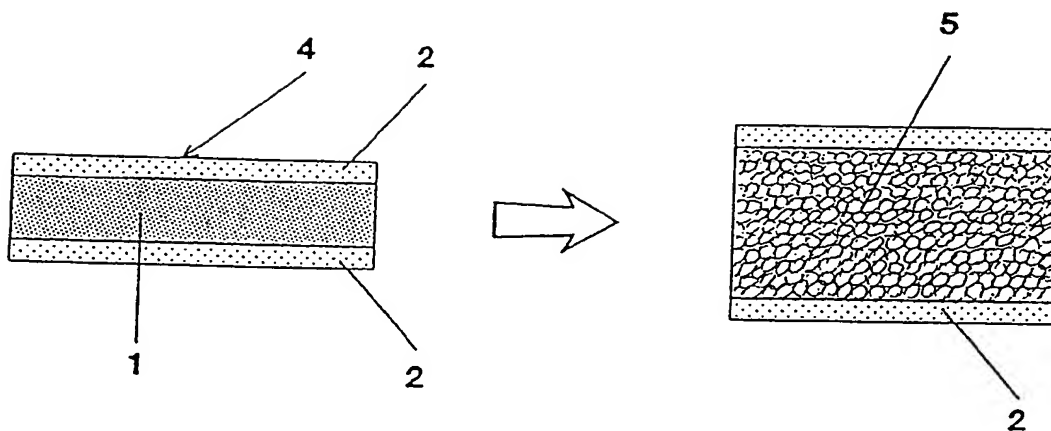


Fig. 2

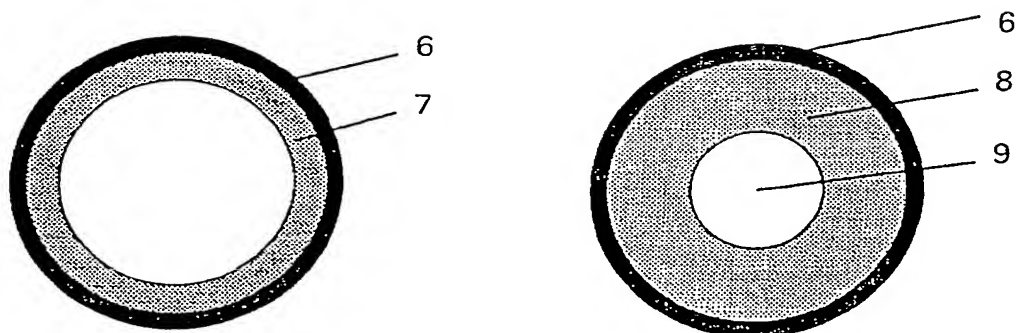


Fig. 3

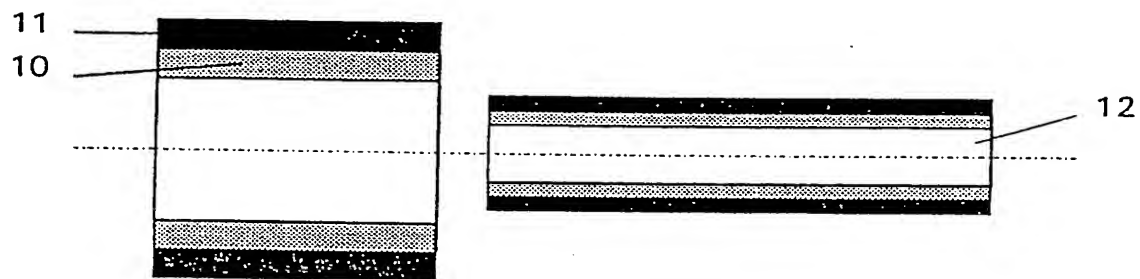


Fig. 4

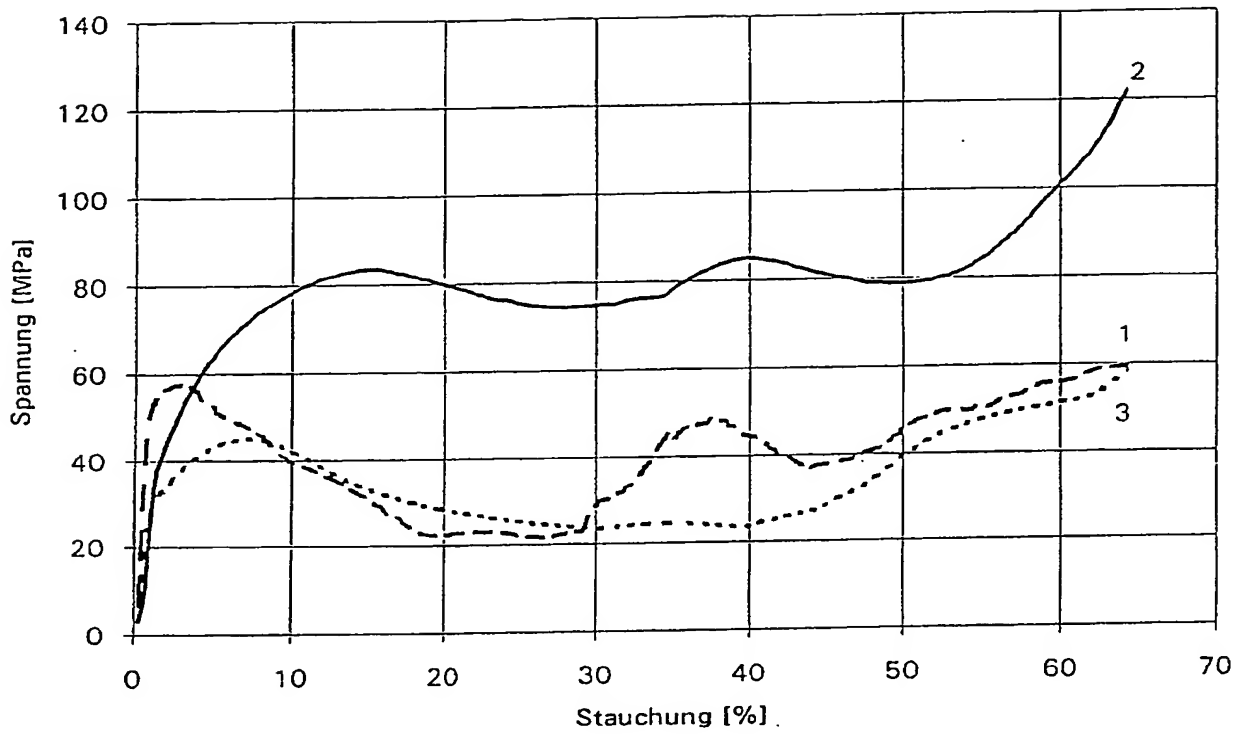


Fig. 5

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.